

PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE EVALUACION Y ACREDITACION INSTITUCIONAL DE LA INGENIERIA EN COSTA RICA

*Roberto Trejos D.**

RESUMEN

En este artículo se analiza la situación de la enseñanza de la ingeniería en Costa Rica. Se establece una diferencia entre lo que se conoce a nivel internacional como acreditación y la licencia para ofrecer un título o grado que se ha venido dando en el país. Se propone un sistema de evaluación y acreditación de la enseñanza de la ingeniería que involucre a todas las instituciones, públicas y privadas, que se desempeñan en este campo de la docencia.

SUMMARY

This paper analyzes the engineering education status in Costa Rica. It makes the distinction between what is internationally known as accreditation, and the license to give a diploma which has been done in Costa Rica. An evaluation and accreditation engineering education system is proposed, in which all public and private institutions that are involved in this field of studies can participate.

1. INTRODUCCIÓN

Entre las limitaciones que tienen los países en desarrollo para lograr superar su situación, ocupa un lugar de importancia las deficiencias en la calidad de la enseñanza y en la cantidad de graduados universitarios en el campo de las ingenierías. Al mismo tiempo se ha detectado la necesidad de ampliar la cobertura para atender la creciente demanda de cupos en las universidades, originada por el rápido crecimiento de la matrícula estudiantil en carreras de ingeniería, los cuales cada día son mayores y requieren la formación de cuadros técnicos altamente calificados. Las limitaciones en el campo de la enseñanza de la ingeniería se agravan debido a que la docencia en cualquier profesión con alto contenido práctico necesita, cada vez más, mayores recursos financieros para atender los requerimientos en instalaciones, equipamiento y su conservación, adicionalmente al gasto que implica mantener en forma dinámica y actualizada la planta docente de las instituciones, aspecto que resulta complejo en el marco de las relaciones internacionales y el creciente desarrollo tecnológico de las últimas décadas.

De ahí la preocupación existente en las instituciones que ofrecen carreras de ingeniería,

gremios de ingenieros, dependencias gubernamentales y organizaciones internacionales por encontrar mecanismos de evaluación y acreditación que mejoren la calidad de la enseñanza y garanticen los niveles de calidad que permitan el intercambio profesional en condiciones de competencia y equidad.

Debe distinguirse entre lo que se conoce a nivel internacional como acreditación, y lo que puede definirse como una autorización o licencia para ofrecer un grado o título.

A una institución pública o privada se le puede dar una autorización o licencia para impartir una carrera, si presenta un plan de estudios viable, dispone de un cuerpo de profesores y cuenta con equipo y planta física adecuados para la carrera o título que pretende ofrecer.

Para conseguir la acreditación, la institución debe demostrar además que está cumpliendo con requisitos mínimos en cuanto a la preparación dada a los estudiantes y que puede, por lo tanto, certificarse la calidad de sus graduados.

* Catedrático. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Universidad de Costa Rica

2 ANTECEDENTES

La enseñanza de la ingeniería en Costa Rica tuvo sus primeros pasos con la Universidad de Santo Tomás, mediante la firma de un contrato entre el Dr. José María Castro Madriz, como rector de esa universidad y Don Angel Miguel Velázquez, ingeniero civil y arquitecto, el 28 de marzo de 1864 [Solano, E. (1991), pp. 149-155]. Sin embargo, su funcionamiento se interrumpió con el decreto que significó el cierre de la Universidad de Santo Tomás en 1888.

No fue sino hasta 1941, cuando se abre la Universidad de Costa Rica, que vuelve a ofrecerse a los costarricenses la oportunidad de estudiar ingeniería en el país, con la creación de la Escuela de Ingeniería, como una de las primeras escuelas de la naciente universidad.

Entre 1941 y 1964, aunque el plan de estudios que se aprueba para la Escuela de Ingeniería es un plan diversificado con las opciones de ingeniería civil, ingeniería electromecánica e ingeniería arquitectónica, solamente se recibieron estudiantes en ingeniería civil, por lo que únicamente se ofreció este título.

Posteriormente, a partir de 1964, la Escuela de Ingeniería comenzó a ofrecer otras opciones con la apertura de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química en ese año, e Ingeniería Industrial en 1969. En esos años solamente existía en Costa Rica una única universidad, por lo que la diversificación de la enseñanza de la ingeniería se dio sin competencia externa. La Universidad de Costa Rica daba el título de ingeniero, pero a partir de 1971 se comienza a ofrecer, en algunas de las carreras, el grado de bachiller y a partir de 1976 el título de ingeniero se cambia por el grado académico de licenciado.

A partir de 1973, con la apertura de las carreras de ingeniería en producción industrial, ingeniería en construcción e ingeniería en mantenimiento industrial en el recién creado Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), se inicia el proceso de competencia en la enseñanza de la ingeniería entre las instituciones públicas. En 1978 la Universidad

Nacional se une a dicha competencia con la apertura de un bachillerato en topografía. Las tres universidades estatales que participan en la enseñanza de la ingeniería (UCR, ITCR y UNA) ofrecen 19 carreras en ingeniería con 31 grados aprobados.

En 1976 la Universidad Autónoma de Centro América (UACA) introduce a las universidades privadas en la competencia por la enseñanza de la ingeniería y a partir de 1982, esta se amplía aún más, al abrirse otras opciones en el área de las ingenierías en otras instituciones de enseñanza universitaria privadas.

En Costa Rica existen actualmente al menos diecinueve instituciones de enseñanza superior, cuatro estatales y quince privadas, aunque es probable que este recuento esté ya incompleto. Ocho de esas universidades ofrecían en el año 1991 opciones en el ámbito de las ingenierías, de acuerdo con la estadística de la educación superior (OPES-16/92) y con la información suministrada por el CONESUP.

3 EXPERIENCIAS A NIVEL INTERNACIONAL EN ACREDITACIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA.

3.1 ACREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY (ABET)

El sistema de acreditación adoptado en Estados Unidos de América es quizás el más antiguo que se conoce [Santana, C. (1992), pp. 30], al menos en el campo de las ingenierías. Fue creado en 1932 cuando las sociedades profesionales de ingenieros crearon el "Engineering Council for Professional Development (ECPD)", con el objetivo de brindar a las instituciones educativas un servicio de evaluación de la calidad de la enseñanza. En 1980 se transformó en la "Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)". La ABET es por lo tanto una institución de carácter privado, dedicada a la evaluación de programas en ingeniería, que efectúa la evaluación cuando la misma institución interesada lo solicita y otorga la acreditación si ésta cumple los requisitos mínimos definidos por aquella.

3.2 CANADIAN ENGINEERING ACCREDITATION BOARD (CEAB)

El Consejo Canadiense de Acreditación en Ingeniería (Canadian Engineering Accreditation Board-CEAB) se establece en el año 1965 [Meisen, A. (1992), pp. 42], al mismo tiempo que se crea el Consejo Canadiense de Ingenieros profesionales. El CEAB tiene como objetivo acreditar los programas de educación en ingeniería en Canadá, con el fin de garantizar que ellos alcanzan o exceden los mínimos aceptables para un ingeniero profesional en las provincias y territorios canadienses, así como asegurar aceptabilidad y equivalencia con sistemas de acreditación de otros países.

3.3 LA EXPERIENCIA EN AMÉRICA LATINA

En Brasil existe una comisión gubernamental formada por especialistas, que presta asesoría técnica para el establecimiento de patrones mínimos de calidad. Por medio de esta comisión el gobierno pretende organizar, de un modo general, la evaluación de las escuelas de ingeniería. Se busca con esto probar si los objetivos de las carreras están siendo cumplidos, conocer si los conocimientos obtenidos por los alumnos son suficientes para el ambiente de trabajo, e identificar los puntos débiles para mejorarlos.

México, por su parte, ya ha realizado esfuerzos para integrarse al proceso de acreditación [Santana, C. (1992), pp. 29], con un trabajo conjunto entre la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el sector privado, mediante la creación de un Comité Permanente de Enseñanza de la Ingeniería (COPEI) en 1985. Durante cinco años un grupo interdisciplinario e interinstitucional se dedicó al diseño y elaboración de instrumentos de evaluación para su posterior aplicación en carreras de ingeniería.

En 1992 se realizó en una institución mexicana un ensayo de evaluación externa, por parte de evaluadores de la ABET. Los resultados fueron de gran valor para la institución y para un grupo de observadores mexicanos que participó en la experiencia.

4 EXPERIENCIA EN COSTA RICA.

En Costa Rica se tiene ya alguna experiencia en la evaluación de distintos aspectos del quehacer académico, especialmente, en el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), en el cumplimiento de las normativas establecidas para autorizar la creación de nuevas carreras en las universidades estatales, y en el Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada (CONESUP) con respecto a la autorización para las universidades privadas.

No se tiene ninguna experiencia en el país en cuanto a la acreditación de instituciones o de carreras, sin embargo, la Escuela de Ingeniería Industrial, de la Universidad de Costa Rica, ha iniciado un ejercicio de acreditación, con el apoyo de CONARE, que se está realizando por medio de un proyecto de graduación. Se requiere ampliar este esfuerzo inicial para empezar a establecer los mecanismos de acreditación que permitan la evaluación integral de los programas de enseñanza de la ingeniería, que puedan garantizar a la sociedad costarricense la calidad de estos.

5 OBJETIVOS DE LA ACREDITACIÓN

La acreditación de la enseñanza de la ingeniería tiene como fin los siguientes puntos básicos:

- a) Asegurar a los posibles estudiantes, instituciones de enseñanza, asociaciones profesionales, posibles empleadores y público en general que un programa específico cumple con los criterios mínimos para su acreditación.
- b) Garantizar el reconocimiento de los estudios en otros países, ya sea para proseguir los estudios o para autorizar el ejercicio profesional, mediante acuerdos bilaterales de reconocimiento, similares al existente entre la ABET y el CEAB.

Los esfuerzos por establecer criterios de calidad en los diferentes aspectos que involucra la formación de ingenieros han sido y son temas de discusión y análisis por expertos en evaluación, que han

crystalizado en algunos países en sistemas de evaluación y acreditación de programas de estudio específicos, sin embargo, dichos sistemas solo son aplicables en los países donde han sido experimentados durante varios años.

Por su parte el Comité de Enseñanza de la Ingeniería, de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros, creó en 1985 [Santana, C. (1992), pp 29], entre otras comisiones de estudio, la Comisión de Evaluación, con la participación de representantes de Colombia, México, Puerto Rico, Venezuela y Estados Unidos de América bajo la coordinación de México.

Los trabajos realizados por la comisión mencionada en el párrafo anterior han permitido integrar la información de las experiencias disponibles en algunos países del continente con el apoyo de la UNESCO ORCYT, por medio de la Estructura Iberoamericana de Apoyo a la Enseñanza de la Ingeniería (EIBAEL). La Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) y la National Science Foundation han facilitado la integración de un grupo internacional de evaluadores, miembros de países afiliados a la UPADI, interesados en promover en sus países de origen un sistema de evaluación institucional que aproveche las experiencias de países más avanzados.

En la búsqueda de alternativas se han realizado varios esfuerzos que van desde la organización de seminarios, congresos y talleres sobre el tema de la evaluación, hasta el ensayo de autoevaluaciones realizadas por algunas instituciones.

Entre el 17 y el 19 de febrero de 1993, se realizó en Costa Rica el I Seminario Panamericano y el Primer Simposium Nacional sobre la evaluación y acreditación institucional de la enseñanza de la ingeniería, con la participación de más de 100 representantes de instituciones nacionales e internacionales [Zomer, C. (1993)].

6 CRITERIOS GENERALES PARA LA ACREDITACIÓN

Tomando en cuenta la experiencia adquirida en los países que han tenido más participación en

este campo [Reyes, D. (1992), pp. 35-39], se pueden definir algunos criterios generales para la acreditación de programas de educación de la ingeniería. Estos pueden servir también como orientación para las instituciones en el planeamiento de sus programas. Sin pretender incluirlos todos, se enumeran a continuación algunos criterios generales para la acreditación de programas de ingeniería:

- a) La acreditación debe aplicarse a cada programa específico de cada institución. El hecho de que se haya acreditado un programa en una universidad no significa que otros programas de la misma institución cumplan los mínimos requeridos.
- b) Para ser acreditado el grado que se ofrece debe ser como mínimo el de un bachillerato universitario.
- c) Para ser acreditado un programa, el título debe incluir la palabra *Ingeniería* o *Ingeniero*.
- ch) El título debe coincidir adecuadamente con el contenido del currículum.
- d) Cualquier cambio en el título o en el currículum obliga a un nuevo estudio de acreditación.
- e) No se puede acreditar un programa que no tenga graduados. Esto se debe a que uno de los criterios básicos para la acreditación es la evaluación que debe hacerse de los estudiantes y de los graduados.
- f) La acreditación se da para un lapso, no mayor de 4 a 6 años. Transcurrido ese tiempo el programa debe reevaluarse para mantener su acreditación.
- g) Si durante la evaluación se encuentran algunas deficiencias menores, la acreditación podrá

extenderse por un periodo menor al máximo, dando las razones para esa reducción. La institución debe corregirlas si desea mantener su acreditación, posteriormente.

7 PROPUESTA DE CRITERIOS GENERALES PARA LA ACREDITACIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA EN COSTA RICA

En esta sección se busca definir criterios específicos para la acreditación de programas en ingeniería, aplicables a todos los campos de la ingeniería. Para cada uno de ellos, se deben definir luego los criterios mínimos según el área específica de ese programa. Sin embargo, aplicando la experiencia adquirida en otros países [Reyes, D. (1992), pp. 53-74], pueden definirse algunos criterios que tienen aplicación en todos los programas de ingeniería.

Estos criterios generales buscan garantizar que todos los programas tengan una sólida base en ciencias exactas, humanidades y ciencias sociales, ciencias de la ingeniería y métodos de diseño en ingeniería, así como una sólida especialización en una de los campos de la ingeniería, acorde con el grado que se está otorgando. Al mismo tiempo, debe tener suficiente flexibilidad para ajustarse a los requisitos en la base científica de cada campo de la ingeniería, así como para permitir la libre expresión de las características e ideales de cada institución.

7.1 DISEÑO DEL PROGRAMA

Será un requisito indispensable en la acreditación de un programa de estudios, que esté diseñado a fin de preparar ingenieros para la práctica de la ingeniería a un nivel profesional. No se podrán considerar en este campo los programas que buscan la preparación de técnicos, sean estos de nivel medio o superior, ya que esos estudios no proveen una base adecuada para la aplicación de conceptos fundamentales de la ingeniería. Los criterios

que se exponen aquí deben ser considerados como los mínimos de un grado de bachiller universitario, de acuerdo con los criterios que para este grado han definido CONARE y CONESUP.

7.2 CUERPO DE PROFESORES

En esta sección se definen los criterios relativos al tamaño y preparación del cuerpo de profesores, las características y calidad docente en todas las unidades de enseñanza que intervienen en la preparación de los graduados, incluyendo los departamentos correspondientes a ingeniería, ciencias básicas y otras áreas en las que los estudiantes de ingeniería reciben instrucción. En todos ellos se debe evidenciar una clara preocupación por la efectividad de los métodos pedagógicos utilizados y por su mejoramiento.

El corazón de cualquier programa de enseñanza es su cuerpo de profesores. Cualquier otro asunto es secundario comparado con un cuerpo de profesores competente, preparado y realmente involucrado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que dará al ambiente universitario una atmósfera apropiada para la enseñanza de la ingeniería.

La capacidad del cuerpo de profesores puede ser juzgada por factores tales como: la diversidad de campos de especialización de sus miembros, la experiencia en su campo profesional, la experiencia como docente, su habilidad para expresarse claramente y con fluidez en castellano, su interés permanente por mejorar sus métodos de enseñanza, sus grados académicos, su nivel de desarrollo reflejado por la cantidad y calidad de sus publicaciones científicas y profesionales, y el reconocimiento que reciben de sus propios estudiantes.

Normalmente, una institución que imparta un programa de bachillerato debe tener al menos tres profesores, a tiempo completo, cuya principal actividad sea la enseñanza en el propio programa. No significa que no se podrá acreditar

un programa que sea impartido fundamentalmente por profesores de tiempo parcial, pero, en ese caso, la institución debe demostrar que se ha previsto que, además de disponer del equivalente a tres tiempos completos de profesores involucrados con el programa, se dispone de mecanismos adecuados para una conveniente y permanente relación profesor-estudiante, atención de estudiantes y control sobre el currículum igual a los que puede esperarse en programas ofrecidos por profesores de tiempo completo. Además, la institución debe contar con un cuerpo de profesores suficiente y preparado para impartir todos los cursos del programa.

Las cargas docentes deben ser consistentes con los objetivos del programa y las expectativas de investigación y desarrollo profesional del cuerpo de profesores. Los ingenieros que imparten docencia en el programa no podrán funcionar eficientemente como profesores si están sobrecargados con exceso de clases. La estimulación de la mente de los estudiantes presupone un crecimiento continuo del nivel profesional del profesorado, a través del estudio de nuevos desarrollos en las áreas científicas y tecnológicas, e innovación en métodos de instrucción. El profesorado debe siempre mantenerse actualizado en su área de especialización.

7.3 CONTENIDO DE LOS CURRÍCULOS

La ingeniería es una profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias básicas, obtenidas por estudio, experiencia y práctica, son aplicados para desarrollar formas que contribuyan a utilizar, económicamente, los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad. Una forma significativa de medir un programa de estudios en ingeniería es la forma en que este prepara a sus graduados para proseguir una productiva carrera profesional, que deberá caracterizarse por un continuo crecimiento.

De cualquier institución que ha escogido preparar graduados para entrar en el campo profesional a un nivel básico, se espera que el contenido curricular contenga al menos el equivalente a tres años de estudio en las áreas de matemáticas, ciencias básicas, ciencias de la ingeniería, diseño ingenieril, humanidades y ciencias sociales.

El grupo de cursos deberá incluir, al menos:

- El equivalente a un año de una combinación adecuada de cursos de matemáticas y ciencias básicas.
- El equivalente a un año en cursos de ciencias de la ingeniería.
- El equivalente a medio año en cursos de diseño en ingeniería.
- El equivalente a medio año en cursos de humanidades y ciencias sociales.

Además, el programa de estudio debe estar integrado hacia el desarrollo de las habilidades necesarias para aplicar los conocimientos a la solución de problemas en un campo específico de la ingeniería, correspondiente a su área de especialización.

La clasificación de un curso dentro de cada una de las áreas curriculares dependerá fundamentalmente de su contenido, y no del nombre de este ni del departamento que lo ofrece. Un curso puede pertenecer, parcialmente, a más de un área curricular, en cuyo caso cada parte será asignada para su evaluación, según corresponda.

7.3.1 Matemáticas y ciencias básicas

Los estudios de las matemáticas deben ir más allá de la trigonometría y deben poner énfasis en los conceptos y principios matemáticos. Deberán incluir cálculo integral y diferencial. Debe incluir, además, temas como álgebra lineal, análisis numérico y cálculo avanzado.

El objetivo del estudio en ciencias básicas es el de adquirir los conocimientos fundamentales de la naturaleza y sus fenómenos, incluyendo en ellos las expresiones cuantitativas. Deben incluir física general con una base de cálculo diferencial, así como química general, con al menos una secuencia de dos semestres en una de ellas. Además, según el campo de especialización deberá incluir trabajo adicional en física, química avanzada o ciencias biológicas, según los requerimientos de cada disciplina ingenieril.

7.3.2 Ciencias de la ingeniería

Las ciencias de la ingeniería tienen sus raíces en las matemáticas y en las ciencias básicas, pero acarrea además conocimientos y habilidades con miras hacia su aplicación creativa. Estos conocimientos y habilidades deben constituir un puente entre los cursos básicos y la práctica de la ingeniería. Incluyen cursos tales como: mecánica, termodinámica, circuitos eléctricos, ciencias de los materiales, fenómenos de transporte y ciencias de la computación, entre otros.

Ya que se debe reconocer que no existe un límite claro que separa las ciencias básicas de las ciencias de la ingeniería, la decisión final sobre el contenido en ciencias de la ingeniería debe hacerse con base en la orientación del conocimiento adquirido hacia su aplicación creativa. Con la intención de promover la amplitud del conocimiento, el programa de estudios debe contener al menos un curso de ciencias de la ingeniería de un campo diferente al del campo de estudios principal del programa.

7.3.3 Diseño en ingeniería

El contenido del diseño en ingeniería corresponde al proceso de visualización, de un sistema, de los componentes de un sistema o del proceso, para alcanzar los objetivos deseados. Corresponde a un entrenamiento en la toma de decisiones, a menudo iterativas, en donde se hace uso de las ciencias básicas, las matemáticas y las ciencias de la ingeniería, con el fin de utilizar los recursos disponibles, de una forma óptima para obtener los resultados deseados.

Entre los principales recursos para el diseño está el establecimiento de objetivos y criterios mediante los métodos de análisis, síntesis, construcción, experimentación y evaluación. Los componentes de diseño en ingeniería de los currículos deben incluir algunos de los siguientes métodos: desarrollo de la creatividad del estudiante, solución de problemas de final abierto, desarrollo y utilización de métodos de diseño, determinación de condiciones de factibilidad y descripción detallada del sistema.

Además es necesario que estén consideradas una gran variedad de limitaciones reales tales como: factores económicos, seguridad, estética, ética e impacto social.

7.3.4 Humanidades y ciencias sociales

Los estudios en los campos de las humanidades y las ciencias sociales no sirven únicamente para ampliar los campos del conocimiento, sino también para lograr la preparación del ingeniero como un profesional completo. Por lo tanto, los estudios en estos campos deben estar diseñados para llenar apropiadamente los objetivos de la ingeniería como profesión. Con la intención de preparar ingenieros plenamente identificados con sus responsabilidades sociales y mejor preparados para tomar en cuenta todos los factores inherentes a la toma de decisiones. Las instituciones de enseñanza superior deben considerar los cursos sobre las humanidades y las ciencias sociales como una parte integral del programa de estudios en ingeniería. Para satisfacer estos requisitos, los cursos deben suministrar profundidad y amplitud, y no estar limitados a un grupo de materias introductorias sin ninguna relación entre ellas. Sin embargo, el número de créditos en estos campos debería estar limitado a no más del 15% del total de la carrera.

8 PROPUESTA DE CRITERIOS PARA ACREDITACIÓN DE PROGRAMAS ESPECÍFICOS

Además de los criterios generales para acreditación de programas de estudio en ingeniería definidos en las páginas anteriores, cada área

ingenieril debe tener definidos los requisitos mínimos para acreditación. En esta sección se definen algunos de estos campos, basándose en lo que para esto se ha hecho en otros países, en especial por los criterios que utiliza la ABET, pero adaptándolos a las situaciones costarricenses. Únicamente se entra en la descripción de programas de estudio existentes en Costa Rica o algunos que aunque no se ofrecen actualmente es probable que se ofrezcan en un futuro cercano.

8.1 INGENIERIA AGRÍCOLA

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los programas de estudio que confieran el título de ingeniero agrícola y otros similares que apliquen la ingeniería a la solución de problemas biológicos y de alimentos, incluyendo la ingeniería forestal.

Los programas de estudio en ingeniería agrícola tienen como objetivo la aplicación de los métodos de la ingeniería y de las ciencias a los sistemas agrícolas y de alimentos. El curriculum debe poner énfasis sobre la aplicación de la ingeniería a sistemas y procesos biológicos. Debe incluir cursos en los campos de las ciencias biológicas y los recursos naturales.

Debe incluir el análisis de las relaciones entre plantas, animales, recursos naturales y el hombre, en campos como la maquinaria y la energía necesarias para la producción y procesamiento de alimentos, semillas, fibras, biomasa, bosque y otros procesos basados en productos biológicos.

8.2 BIOINGENIERIA

Los criterios definidos en esta sección se aplicarán a estudios en los campos de la bioingeniería, la ingeniería biomédica y otros títulos similares, con excepción de las áreas aplicadas a la agricultura.

Los programas requieren un fundamento sustancial en ciencias básicas de la ingeniería, así como ciencias de la vida, que en conjunto produzcan una base sólida para los cursos interdisciplinarios del campo de la bioingeniería.

Es deseable que el programa incluya: álgebra lineal y matrices, probabilidad y estadística, análisis numérico, cálculo avanzado, y variables complejas. Debe incluir además cursos avanzados en química y biología, al menos un curso de diseño aplicado y experiencia significativa en laboratorio. En particular debe existir la realización de experiencias en bioingeniería que incluyan la medición e interpretación de datos de sistemas vivos, y la relación entre los sistemas vivos y el resto del ambiente que los rodea.

8.3 INGENIERIA QUÍMICA

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los estudios con los cuales se obtiene el título de ingeniero químico y otros grados equivalentes.

Un programa de ingeniería química requiere para ser acreditado al menos un semestre de estudios en química avanzada sobre los dos semestres tradicionales de química general. Hasta un semestre de otros cursos en ciencias naturales avanzadas puede ser sustituido por química avanzada. Los requisitos restantes en ciencias básicas serán cubiertos por los cursos de física y ciencias de los materiales.

El uso de la computación debe estar integrado a través de todo el programa de estudios y debe incluir: programación en un lenguaje de alto nivel, uso de paquetes de *software* para análisis y diseño y simulación de procesos.

El programa debe incluir: balances de energía y materia en procesos químicos, termodinámica con énfasis en los principios fisicoquímicos, transferencia de masa y calor, ingeniería de las reacciones químicas, control y dinámica de procesos.

Los elementos del programa deben unirse en uno o más cursos, en los que se apliquen los diversos conocimientos adquiridos a la solución de problemas que tengan varias soluciones aceptables y que deban incluir un análisis económico.

8.4 INGENIERÍA CIVIL

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los estudios con los cuales se obtiene el título de ingeniero civil y otros grados equivalentes.

Los profesores deben participar en el desarrollo profesional de los estudiantes, dándoles oportunidades reales de involucrarse en proyectos, en sus principales campos de interés.

El programa debe incluir al menos un semestre en cursos propios de la ingeniería civil. Además debe buscar el desarrollo de conceptos de diseño innovadores a través de todo el currículum, y debe culminar en una experiencia final comprensiva de diseño. Como la ingeniería civil generalmente requiere de un trabajo de grupo, se recomienda que el programa contenga este tipo de experiencia. Debe formar parte de la experiencia final un informe oral y escrito.

Las prácticas de laboratorio han de estar integradas con el resto de sistema de enseñanza, y debe tener características como: creatividad, esfuerzos de grupo, resultados de final abierto, buen uso de comunicación oral y escrita, diseño de procesos experimentales y uso del método experimental para la solución de problemas.

8.5 INGENIERÍA ELÉCTRICA

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los estudios con los cuales se obtiene el título de ingeniero electricista, ingeniero electrónico y otros grados equivalentes.

El programa debe ser amplio y profundo en los campos de la ingeniería eléctrica y electrónica. La profundización requiere del estudio a un nivel avanzado de al menos un área de la ingeniería eléctrica y electrónica. La amplitud implica la necesidad de incluir en el programa cursos en varios de los campos de las ciencias de la ingeniería eléctrica y electrónica.

Debe incluir además: probabilidad y estadística, álgebra lineal, análisis numérico, cálculo avanzado, ecuaciones diferenciales parciales y variables complejas. Esos conocimientos deben ser utilizados en varios de los cursos de las áreas de ingeniería eléctrica y electrónica.

Deben existir cursos en los niveles superiores que pongan énfasis en el diseño individual, realizado por cada estudiante.

El uso de la computación ha de estar integrado a través de todo el programa y debe incluir programación en un lenguaje de alto nivel, uso de paquetes de *software* para análisis y diseño, y uso de al menos un sistema operativo. El estudiante debe ser motivado a usar la computadora para el análisis, diseño y simulación de problemas en ingeniería.

8.6 INGENIERÍA MECÁNICA

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los estudios con los cuales se obtiene el título de ingeniero mecánico y otros títulos equivalentes.

El programa debe incluir un grupo coherente de cursos en los campos de las ciencias de la ingeniería mecánica, que contenga al menos conocimientos sólidos en: mecánica del sólido, mecánica de los fluidos, energía, termodinámica, sistemas dinámicos y ciencias de los materiales. El estudiante debe participar en proyectos de diseño en al menos dos de las áreas mencionadas. Al menos una de estas prácticas de diseño debe estar en la parte final del programa.

El estudiante debe recibir al menos un curso en cálculo avanzado, y al menos un curso en ciencias de la ingeniería eléctrica y electrónica.

Los graduados deben tener una experiencia apreciable en el uso de la computadora para la solución de problemas en ingeniería, con conocimientos de al menos un lenguaje de alto nivel.

8.7 INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los criterios definidos en esta sección se aplican a los estudios con los cuales se obtiene el título de ingeniero industrial y otros títulos similares.

La mayoría de los profesores de tiempo completo dedicados a la enseñanza y asesoramiento de los estudiantes, que en cualquier caso no deben

ser menos de tres, deben tener al menos uno de sus grados académicos en ingeniería industrial.

La carga de trabajo para un profesor de tiempo completo debe incluir otras actividades apropiadas, tales como asesorías, investigación y servicios profesionales e institucionales. Además la carga académica debe tomar en cuenta: el tamaño de los grupos de clase, los métodos de enseñanza utilizados, apoyo docente y horas de contacto con sus estudiantes.

El programa de estudios debe tener una alta carga docente en cursos de probabilidad y estadística, con requisitos previos de cursos de cálculo.

Un uso apropiado de las computadoras debe estar integrado a través de todo el programa de estudios, incluyendo programación en un lenguaje de alto nivel como Pascal, Fortran o APL.

9 RECOMENDACIONES

Antes de proceder a instalar en Costa Rica un sistema de acreditación de la enseñanza de la ingeniería, es recomendable hacer una evaluación de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje en este campo. Se considera que CONARE y CONESUP pueden estar aplicando criterios diferentes en las evaluaciones que hacen en las respectivas carreras, además de que el criterio puede variar con el paso del tiempo. Por otro lado existen carreras e instituciones que tienen muchos años de existir y otras de creación muy reciente, por lo que es posible que no haya sido analizada su creación con criterios similares. Unido esto y a que únicamente se hacen evaluaciones al autorizar la apertura de carreras, puede haberse generado una diversidad de carreras y títulos, no necesariamente ligados a las necesidades del desarrollo del país. Además, una gran cantidad de ellas fueron creadas antes de que se iniciaran los procesos de evaluación, por lo que ni siquiera se contó, previamente a su apertura, con una evaluación realizada por otro organismo externo a la institución que lo iba a ofrecer.

Con este fin se deberá elaborar un cuestionario de evaluación de las carreras de ingeniería que imparten las universidades costarricenses, tanto públicas como privadas. Este cuestionario debe ser aplicado a todas las instituciones que imparten títulos en el campo de la ingeniería.

Con base en los resultados de esta encuesta se podrá tener una mejor visión de la situación en que se encuentra la enseñanza de la ingeniería en Costa Rica y dar las recomendaciones del caso a las instituciones involucradas.

Independientemente de los resultados de la consulta que debe realizarse, se considera que la evaluación debe incluir los siguientes puntos:

- a- Diseño del programa.
- b- Cuerpo de profesores.
- c- Contenido de los currículos:
 - c1- Contenido de matemáticas.
 - c2- Contenido de ciencias básicas.
 - c3- Contenido de ciencias de la ingeniería.
 - c4- Contenido de diseño en Ingeniería.
 - c5- Contenido de humanidades y ciencias sociales.
- d- Cantidad y calidad de laboratorios y prácticas:
 - d1- Equipo de laboratorio existente o al que se tiene acceso dentro del proceso de enseñanza.
 - d4- Tiempo efectivo de práctica, cubierto por los estudiantes durante la carrera.

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

- GOÑI CEDEÑO H. *Génesis, Desarrollo y Experiencias de un Sistema Integral de Evaluación para las Facultades y Escuelas de Ingeniería*. Memoria, Primer Seminario Panamericano sobre la Evaluación y Acreditación Institucional de la Enseñanza de la Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, febrero de 1993, pp. 40-41.
- MEISEN, A. *The Canadian Accreditation System for Engineering Programs*. Memoria, Primer Seminario Panamericano sobre la Evaluación y Acreditación Institucional de la Enseñanza de la Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, febrero de 1993, pp. 42-55.
- PRESTES CARDOSO, C. *Experiencia de Brasil en Evaluación Institucional*. Memoria, Primer Seminario Panamericano sobre la Evaluación y Acreditación Institucional de la Enseñanza de la Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, febrero de 1993, pp. 39.
- REYES GUERRA, D. *Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States*. Revista Iberoamericana de Enseñanza en Ingeniería, México, D.F. Segundo Semestre 1992, pp. 35-52.
- SANTANA MORALES, C. *Consideraciones Sobre Evaluación y Acreditación Institucional en Carreras de Ingeniería*. Revista Iberoamericana de Enseñanza en Ingeniería, México, D.F. Segundo Semestre 1992, pp. 27-34.
- SANTANA MORALES, C. *Hacia un Sistema de Evaluación y Acreditación Institucional*. Memoria, Primer Seminario Panamericano sobre la Evaluación y Acreditación Institucional de la Enseñanza de la Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, febrero de 1993, pp. 33-35.
- SOLANO ROJAS W.E. *125 Años de Programas de Enseñanza de la Ingeniería en Costa Rica (1864-1990). Primera Parte: Las Carreras y Grados en las Universidades Estatales (1864-1989)*. INGENIERIA, Revista de la Universidad de Costa Rica, Volumen 1, No 2, 1991.
- SOLANO ROJAS W.E. *125 Años de Programas de Enseñanza de la Ingeniería en Costa Rica (1864-1990). Segunda Parte: Las Carreras y Grados en las Universidades Privadas (1975-1990) y Tercera Parte: Análisis Comparado de la Situación Actual*. INGENIERIA, Revista de la Universidad de Costa Rica, Volumen 2, No 1, 1992.
- ZOMER, C. *Hacia un Sistema de Acreditación de Programas de Ingeniería en Costa Rica*. San José, Costa Rica, Facultad de Ingeniería, julio de 1993.